DOI: https://doi.org/10.32782/2708-4949.2(20).2026.11
УДК 664.41(100):543.2/.9

Поліщук Віталій Миколайович
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри хімії,
Білоцерківський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0602-6100
Цехмістренко Світлана Іванівна
доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри хімії,
Білоцерківський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7813-6798
Поліщук Світлана Анатоліївна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри хімії,
Білоцерківський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6716-848X
Чернюк Сергій Васильович
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
завідувач кафедри безпечності та якості харчових продуктів, сировини і технологічних процесів,
Білоцерківський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0488-3624
Роль Наталія Валеріївна
кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри хімії,
Білоцерківський національний аграрний університет
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0295-4193

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРЧОВОЇ СОЛІ З РІЗНИХ РЕГІОНІВ СВІТУ

Харчова сіль є не лише незамінним компонентом раціону, що забезпечує гомеостаз організму, а й стратегічно важливою сировиною для багатьох галузей промисловості та медицини. Попри фізіологічну потребу, надмірне споживання хлориду натрію становить загрозу для здоров'я, що зумовлює актуальність дослідження якості та функціонального складу солі, доступної на національному ринку. Метою роботи було проведення порівняльного аналізу фізико-хімічних показників комерційних зразків харчової солі різного географічного походження (Італія, Туреччина, Єгипет, Румунія, Пакистан) та методів видобутку для об'єктивної оцінки їхньої споживчої цінності. Об'єктами дослідження стали зразки кам'яної, морської, виварної та гімалайської солі. У процесі досліджень визначали активну кислотність (pH), загальну лужність, масову частку вологи, нерозчинного у воді залишку та вмісту йоду з використанням потенціометричних, гравіметричних та йодометричних методів. Статистичну обробку даних проведено за допомогою програми Statistica 10. Встановлено, що більшість зразків відповідають вимогам ДСТУ 3583:2015. Показник вологості варіював від 0,08% (виварна сіль) до 1,20% (морська сіль), при цьому у зразку кам'яної солі з Єгипту зафіксовано перевищення норми (0,89%), що призвело до втрати сипучості. Вміст нерозчинних домішок був найвищим у рожевій гімалайській солі (0,71%), що є природною особливістю її мінерального складу, тоді як морська сіль з Італії продемонструвала найвищий ступінь очищення (0,06%). Значення pH розчинів коливалися в межах 6,70–7,63. Виявлено значну варіативність загальної лужності (1,57–2,47 г/дм³). Критичним виявився аналіз йодованої солі: лише 60% зразків відповідали нормативному діапазону (25–55 мг/кг). У 40 % зразків йодованої солі вміст йоду виявився критично низьким (6,34–20,08 мг/кг). Найвищі та відповідні нормативу значення зареєстровано у зразках № 8 і № 10, при цьому фактичний вміст йоду повністю збігався із заявленим на упаковці. Доведено, що висока вартість імпортованих зразків не завжди гарантує кращі показники йодування порівняно з доступними аналогами. Результати підкреслюють необхідність суворого контролю умов зберігання солі для запобігання зволоженню та моніторингу фактичного вмісту йоду, який у деяких зразках є недостатнім для забезпечення фізіологічних потреб населення.

Ключові слова: *харчова сіль, йодована сіль, натрій хлорид, ДСТУ, фізико-хімічні показники, якість харчових продуктів.*

© Поліщук . М., Цехмістренко С. І., Поліщук С. А., Чернюк С. В., Роль Н. В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Постановка проблеми та її актуальність. Харчова сіль – життєво необхідна сполука, яка забезпечує фізіологічні та біохімічні процеси в організмі людини, тварин і рослин [12, 27, 29]. Якісний склад солі, незважаючи на домінування NaCl, завжди збагачений мікро- та макроелементами [31]. Надмірне споживання солі є значною загрозою для громадського здоров'я в багатьох країнах світу [32].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Протягом століть харчова сіль еволюціонувала від предмету розкоші до доступного та дешевого продукту повсякденного вжитку. Сьогодні вона переважно виконує роль смакової добавки та підсилювача смаку. Проте сфера застосування натрій хлориду не обмежується лише харчовою промисловістю [26]. У медичній практиці сіль активно застосовується в низці терапевтичних процедур: бальнеотерапія [10]; інгаляційна терапія [24]; спелеотерапія [15]; кренотерапія [11]. У більшості країн світу основними джерелами надходження харчової солі в раціон людини є продукти промислового виробництва, а не сіль, додана під час приготування їжі [16]. Незважаючи на очевидні загрози здоров'ю, більшість світової популяції продовжує споживати харчову сіль вище рекомендованого рівня (5 г/добу) [8, 12].

Сучасні підходи до оцінки якості харчової солі базуються на ідентифікації її географічного походження через детальний аналіз мікроелементного профілю. Зокрема, у дослідженнях Zanela Lima та ін. (2025), що охопило 59 зразків солі з Бразилії та країн ЄС (Португалія, Іспанія, Франція), було підтверджено пряму залежність між мінеральним складом продукту (вміст Ca, Mg, Fe, Mn, Cu) та регіоном його видобутку. Автори виявили статистично значущу варіативність ($p < 0,05$) рівнів вологості та концентрації металів, що дозволяє використовувати ці показники як надійні маркери регіональної приналежності солі [30]. Дослідження комерційних зразків солі (атлантичної, гавайської, гімалайської, перської тощо) на півдні Італії виявило значну залежність концентрації мінеральних елементів від типу та географічного походження продукту [21]. Реальний вміст йоду та нерозчинних домішок у зразках часто не відповідає вимогам нормативних стандартів, незалежно від цінового сегменту продукту [7]. Тривале зберігання харчової солі призводить до значної втрати йоду, зокрема за відносної вологості 30–45% рівень йодування знижується на 58,5% [13].

З огляду на значний асортимент харчової солі на вітчизняному ринку, що відрізняється походженням та способами обробки, висунуто припущення про залежність її фізико-хімічного профілю від місця видобутку та технологічного циклу. Передбачається, що значні коливання вмісту йоду та концентрації нерозчинних компонентів можуть бути ознакою невідповідності реальних показників якості чинним нормативним стандартам. Водночас подібна тенденція може простежується як у бюджетному сегменті, так і серед дороговартісних імпортних аналогів.

Метою роботи є проведення порівняльного аналізу фізико-хімічних показників зразків харчової солі різних торгових марок і географічного походження та обґрунтування їхньої потенційної харчової цінності.

Матеріали та методика дослідження. Робота виконана на кафедрі хімії Білоцерківського НАУ. Для дослідження використовували комерційні зразки харчової солі від різних виробників, методів видобутку та географічного походження (табл. 1).

Загальну лужність розчинів солі визначали за допомогою кислотно-основного титрування [3]. У конічну колбу вносили 10 см³ попередньо приготованого 5% водного розчину харчової солі. До проби додавали 40 см³ дистильованої води та 2–4 краплі метилоранжу як індикатора. Отриману суміш титрували стандартизованим розчином хлоридної кислоти концентрацією 0,1 моль/дм³ за постійного перемішування. Точку еквівалентності фіксували за зміною кольору індикатора на

Таблиця 1 – Характеристика зразків харчової солі; n=5

№ п/п	Назва продукту	Вихідна країна	Торгова марка	Тип солі	Дата «вжити до»	Ціна/кг
1	Сіль морська харчова	Туреччина	Премія	Морська (садна) нейодована	07.10.2027	43,59
2	Сіль кухонна кам'яна	Єгипет	Саркара продукт	Кам'яна нейодована	22.10.2027	15,99
3	Сіль морська харчова	Італія	Sosalt	Морська (садна) нейодована	29.09.2027	50,99
4	Сіль кам'яна мелена	Єгипет	Food Land	Кам'яна нейодована	15.08.2026	12,50
5	Сіль харчова виварна	Туреччина	Сто пудів	Кам'яна нейодована	10.07.2027	50,75
6	Сіль кухонна йодована	Румунія	Сто пудів	Кам'яна йодована	22.08.2026	49,75
7	Сіль морська харчова йодована	Туреччина	Повна чаша	Морська (садна) йодована	27.07.2026	24,99/кг
8	Сіль морська харчова йодована	Італія	Sosalt	Морська (садна) йодована	29.09.2027	55,99
9	Сіль харчова йодована	Туреччина	Від баби Галі	Кам'яна йодована	14.05.2026	20,00
10	Сіль морська харчова йодована	Туреччина	Премія	Морська (садна) йодована	30.07.2026	162,80
11	Сіль харчова гімалайська рожева	Пакистан	Премія	Кам'яна рожева	30.09.2027	159,95

Джерело: сформовано авторами

ISSN 2708-4949 (print), ISSN 2709-9776 (online)

блідо-рожевий. Загальну лужність розсолу, виражену в г/дм^3, розраховували за формулою (1):

$$X = \frac{V_{HCl} \times 1000 \times C_{HCl}}{V_p}, \quad (1)$$

де:

V_p – об'єм зразка розсолу, взятий для аналізу, см^3;

C_{HCl} – концентрація HCl в моль/дм^3;

V_{HCl} – об'єм хлоридної кислоти, витрачений на титрування, см^3;

1000 – коефіцієнт перерахунку об'єму з см^3 у дм^3.

Активну кислотність (pH) розчину солі визначали потенціометричним методом згідно стандарту за допомогою pH-метра [4]. Для мінімізації похибки кожний зразок вимірювали три рази, а кінцевим результатом вважали середнє арифметичне значення, отримане після статистичної обробки.

Вміст вологи у зразках солі визначали методом гравіметрії [5]. У попередньо висушену та зважену бюксу поміщали 10 г солі, після чого здійснювали точне зважування. Пробу солі з відкритою кришкою розміщували у сушильній шафі і висушували за температури 150°С до досягнення сталої маси. Зважування розпочинали через годину від початку сушіння, а наступні виконували з інтервалом 30 хв. Досягнення сталої маси фіксували, коли розбіжність між двома послідовними зважуваннями була меншою за 0,0005 г. По завершенні сушіння бюксу з наважкою виймали, закривали кришкою, охолоджували в ексикаторі до кімнатної температури та здійснювали фінальне зважування. Масову частку вологи (X_1) визначали за формулою (2):

$$X_1 = \frac{m - m_1}{q} \times 100\%, \quad (2)$$

де:

m – початкова маса бюкса до висушування, г;

m_1 – кінцева маса бюкса після висушування та охолодження, г;

q – маса досліджуваного зразка солі, г.

Визначення вмісту нерозчинного у воді залишку. Сіль ретельно розтирали у ступці до отримання дрібнодисперсного стану [6]. Відважували точну наважку 10,0±0,001 г і переносили її у склянку об'ємом 400 см^3, додавали 200 см^3 гарячої дистильованої води. Суміш нагрівали протягом години при періодичному перемішуванні, не доводячи до кипіння, для повного розчинення NaCl. Для осадження нерозчинених у воді речовин склянку залишали на 10 хв. Після відстоювання, розчин фільтрували через попередньо висушений та зважений фільтрувальний папір. Фільтрат збирали у приймальну колбу.

Нерозчинений залишок переносили на фільтр, ретельно обполіскуючи склянку водою. Фільтр із залишком багаторазово промивали гарячою водою. Повноту промивання контролювали, перевіряючи останні порції промивних вод на відсутність іонів хлору за допомогою розчину $AgNO_3$. Відсутність помутніння свідчила про повне видалення розчинного NaCl. Фільтр із нерозчиненими залишками обережно переносили у попередньо зважену бюксу (у якій він сушився і зважувався заздалегідь). Бюксу із залишком поміщали у сушильну шафу і сушили за температури 105°С до постійної маси. Перше зважування проводили через 2 години сушіння, а кожне наступне – з інтервалом у 30 хв. Процес зупиняли, коли послідовні зважування відрізнялися не більше ніж на 0,0002 г, після чого проводили фінальне зважування.

Масову частку нерозчинних у воді речовин (X_{H2O}), виражену у відсотках із перерахунком на суху речовину, розраховували за формулами (3 та 4):

$$X_{H2O} = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{m}, \quad (3)$$

де:

m_1 – сукупна маса бюксу, фільтра та нерозчинних компонентів, г;

m_2 – маса бюкса з фільтром без залишку, г;

m – масу солі в перерахунку на суху речовину (г) розраховували за формулою (2,4):

$$m = \frac{m' (100 - X_1)}{100}, \quad (4)$$

де:

m' – фактична маса наважки зразка солі, г;

X_1 – масова частка вологи у зразку солі (%).

Визначення вмісту йоду в харчовій солі. Вміст йоду в йодованій солі визначали з допомогою йодометричного титрування [19, 23]. Точну наважку 10,00 г досліджуваної солі поміщали у мірну колбу об'ємом 100 см^3 та розчиняли у 50 см^3 дистильованої води. До отриманого розчину додавали 2 см^3 2 Н розчину H_2SO_4 для створення оптимального кислотного середовища. Після цього вносили 5 см^3 свіжоприготовленого 10% розчину калію йодиду. У присутності вільного йоду (що вивільняється з йодату) реакційна суміш набувала характерного жовтого забарвлення. Розчин витримували в темряві 10 хвилин. Далі суміш титрували 0,005 Н розчином тіосульфату натрію ($Na_2S_2O_3$) до зникнення жовтого забарвлення і утворення світло-солом'яного кольору. На цьому етапі до розчину, що титрується, додавали 2 см^3 свіжоприготовленого 1% колоїдного розчину крохмалю. У присутності вільного йоду крохмаль утворює комплекс синього кольору. Титрування розчином тіосульфату натрію продовжували до повного знебарвлення синього комплексу, що вказувало на повне зв'язування всього вільного йоду. Масову частку йоду в солі розраховували за формулою (5):

$$X = \frac{V \times 21{,}15 \times N \times 1000}{q}, \quad (5)$$

де:

V – об'єм титранту, використаний для титрування, см^3;

21,25 – коефіцієнт перерахунку, що відповідає масі йоду (мг) в 1 см^3 0,005 Н розчину $Na_2S_2O_3$.

N – фактична нормальність розчину титранту;

1000 – коефіцієнт перерахунку з мг/г у мг/кг.

q – маса аналізованого зразка солі, г.

Статистичний аналіз експериментальних даних проводився засобами описової статистики, що передбачало визначення середнього арифметичного (M), стандартного відхилення, стандартної похибки середнього (m). Вимірювання показників досліджуваних зразків солі проводили трикратно. Обчислювальні операції виконувалися в середовищі програмного забезпечення Statistica 10 (StatSoft, Inc., США).

Виклад основного матеріалу дослідження. Оцінка якості харчової солі вимагає комплексного підходу, який включає дослідження ключових фізико-хімічних показників. Ці параметри є критично важливими для визначення функціональних властивостей продукту, його стабільності під час зберігання, відповідності нормативним вимогам та безпеки для споживання [18].

Вологість є одним із найбільш критичних показників якості, оскільки її надлишок безпосередньо провокує явище злежування. Згідно з дослідженнями [17], злежування кристалічних порошків, до яких належить харчова сіль, пов'язане з фазовими переходами та перекристалізацією при циклічних змінах відносної вологості. При цьому на поверхні часток утворюються рідкі містки, які при висиханні перетворюються на міцні кристалічні з'єднання, що призводить до втрати сипучості та утворення агломератів [17]. Аналіз масової частки вологи у досліджуваних зразках харчової солі показав, що більшість з них відповідають вимогам ДСТУ [5].

Зразок №2 мав вміст вологи 0,2%, що відповідає встановленому стандарту (для кам'яної солі норма 0,25%). Натомість у зразку №4 зафіксовано підвищену вологість 0,89% (табл. 2). Цей показник значно перевищує норму для кам'яної солі та свідчить про високий ризик злежування, що було підтверджено наявністю грудочок різного розміру в упаковці. Ймовірно, це наслідок неналежного зберігання. Гімалайська рожева сіль (зразок №11) містила 0,37% вологи.

Зразок №5 (виварна сіль ТМ «Сто пудів») продемонстрував найнижчий вміст вологи 0,08%, що відповідає стандарту (до 0,1%). Це свідчить про високу чистоту продукту та мінімальний вміст гігроскопічних мінеральних домішок. Зразки №1 (ТМ «Премія») та №3 (ТМ «Sosalt») містили 0,56 % та 1,20% вологи відповідно. Дані показники перебувають у межах допустимих норм, оскільки для морської солі вищого та першого ґатунку допускається вміст вологи до 3,2% та 4,0% відповідно. Зразок №3 має найвищу вологість серед усіх зразків, що може впливати на його сипучість.

У досліджених зразках йодованої солі масова частка вологи коливалася в діапазоні від 0,27% (зразок №10) до 0,95% (зразок №8). Цікаво, що найвищий показник вологості також був зафіксований у морській нейодованій солі виробника «Премія», що може вказувати на особливості технологічного процесу або умови зберігання продукту. Незважаючи на коливання, всі йодовані зразки повністю відповідали чинним нормам ДСТУ, для яких встановлено максимальний вміст вологи у 1% [2].

Загалом, більшість досліджуваних зразків харчової солі відповідали встановленим нормативам щодо масової частки вологи. Однак, виявлені випадки (зокрема, зразок №4) з підвищеною вологістю, вираженими ознаками злежування та формуванням твердих грудочок різного розміру. Зазначений стан зумовлений подоланням критичного порогу гігроскопічності, що ініціює механізм агрегації часток через утворення міжкристалічних містків. Цей процес призводить до втрати сипучості та формування стійких конгломератів у структурі солі [17].

Вміст нерозчинних домішок варіював від 0,06±0,01% до 0,71±0,03%. Зразок №8 виділяється найнижчим вмістом нерозчинних речовин, що свідчить про високий ступінь очищення цієї морської солі (табл. 2). Низькі показники також характерні для зразків №4 (0,11%), №3 (0,12%) та №7 (0,10%). Максимальний показник масової частки нерозчинного залишку було зареєстровано у зразку гімалайської рожевої солі (№11, 0,71%), що корелює з даними інших дослідників. Зокрема, Di Salvo et al. (2023) зазначають, що підвищений вміст нерозчинних компонентів у гімалайській

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники досліджуваних зразків солі; n=5

Зразок	Показник			
	Масова частка вологи, %	Масова частка нерозчинних у воді залишків, %	pH сольового розчину	Загальна лужність, г/дм³
№1	0,56±0,01	0,17±0,01	7,63±0,16	2,03±0,15
№2	0,20±0,01	0,28±0,01	7,57±0,13	1,80±0,10
№3	1,20±0,05	0,12±0,02	6,85±0,10	1,77±0,06
№4	0,89±0,10	0,11±0,01	6,96±0,26	2,03±0,10
№5	0,08±0,01	0,20±0,02	6,79±0,14	1,57±0,16
№6	0,45±0,03	0,40±0,01	7,22±0,22	2,00±0,10
№7	0,69±0,08	0,10±0,01	7,40±0,17	2,10±0,10
№8	0,95±0,03	0,06±0,01	7,51±0,18	2,20±0,15
№9	0,64±0,06	0,31±0,03	7,10±0,08	1,93±0,11
№10	0,27±0,02	0,40±0,01	7,47±0,34	2,10±0,20
№11	0,37±0,02	0,71±0,03	6,70±0,14	2,47±0,16

Джерело: сформовано авторами

ISSN 2708-4949 (print), ISSN 2709-9776 (online)

солі зумовлений специфікою природних мінеральних домішок, тоді як рафіновані морські солі характеризуються значно вищим ступенем чистоти [21, 22]. Обидва зразки, №6 і №10, мали досить високий показник нерозчинних компонентів – до 0,40%. Однак, це значення перебуває в межах норми для солі першого ґатунку, для якої стандартом передбачено до 0,45% [6]. Низький вміст нерозчинних речовин у воді є показником високої чистоти солі, що позитивно впливає на її смакові властивості та застосування. Однак, для деяких видів солей (наприклад, гімалайська) підвищений вміст мінеральних домішок є природною характеристикою.

Значення pH розчину солі слугує індикатором її чистоти, вказуючи на присутність кислотних або лужних домішок. Враховуючи, що основний компонент харчової солі – NaCl є нейтральною сіллю, pH її чистого розчину повинен бути близьким до 7,0 [20]. Значні відхилення від цього значення можуть вказувати на наявність супутніх мінералів або технологічних добавок.

Отримані значення pH для водних розчинів досліджених зразків солі коливаються у відносно вузькому діапазоні: від 6,70±0,14 (зразок №11) до 7,63±0,16 (зразок №1). Це свідчить про те, що переважна більшість харчових солей, незалежно від їхнього географічного походження, методів технологічної обробки та наявності домішок, при розчиненні у воді формують розчини з реакцією середовища, що перебуває в межах, близьких до нейтрального. Це підтверджує домінування NaCl у їхньому складі. Результати наших досліджень узгоджуються із іншими даними [9], де показник активної кислотності для рожевої гімалайської солі варіював в діапазоні від 6,8 до 7,5. Існує певна розбіжність з іншими даними [14], які вказували дещо вищі значення (pH>8). Імовірно, це пов'язано із специфічними методами високотемпературної обробки сировини та очищення продукції.

Досліджені зразки солі (№1, 2, 6, 7, 8, 10) показали слаболужну реакцію, як це відображено у таблиці 2. Це може бути зумовлено наявністю у їхньому складі природних лужних мінералів (сполуки Кальцію та Магнію), які є характерними домішками для морської та деяких видів кам'яної солі. Інші зразки №3, 4, 5, 11 мають слабокислу реакцію. Зразки №4 (6,96±0,26) та №9 (7,10±0,08) демонструють майже ідеальні показники pH, близькі до 7,0. Загалом, отримані показники pH знаходяться в межах, які є типовими та безпечними для харчової солі відповідно до національних стандартів.

У національних стандартах на харчову сіль, зокрема в ДСТУ 3583:2015, показник загальної лужності не є нормованим параметром [1]. Проте, його визначення дозволяє отримати додаткову інформацію про хімічний склад, чистоту та потенційні технологічні властивості продукту. Наявність лужних компонентів, таких як карбонати та гідроксиди кальцію, магнію та натрію, може впливати на смакові характеристики, термін зберігання та поведінку солі у різних технологічних процесах. Дослідження показало значну варіативність показників загальної лужності серед зразків солі, де значення коливались в діапазоні від 1,57 до 2,47 г/дм^3 і були пов'язані з походженням продукту (табл. 2).

Найнижче значення загальної лужності зафіксовано у зразку №5 (виварна сіль ТМ «Сто пудів»). Цей результат очікуваний і корелює з найвищим ступенем очистки виварної солі та мінімальним вмістом сторонніх домішок. Відносно низькі показники також спостерігалися у зразку №3. Найвищий рівень загальної лужності виявлено у зразку №11. Для цього зразка характерні також найнижчий показник pH (6,70±0,14) та найвищий вміст нерозчинних у воді залишків (0,70±0,03%). Це свідчить про особливий та різноманітний мінеральний склад гімалайської солі, яка, як відомо, містить значні кількості карбонатів кальцію та магнію [22]. Спостерігається певний взаємозв'язок між вмістом нерозчинних у воді залишків та загальною лужністю. Розбіжності в показниках загальної лужності, зокрема між високоочищеною виварною та природною гімалайською рожевою сіллю, підкреслюють їхнє відмінне походження та технологію обробки.

Дефіцит йоду в організмі людини становить значну медико-соціальну проблему світового масштабу. За даними ВООЗ приблизно третина населення планети перебуває у групі ризику розвитку йододефіцитних захворювань, з яких близько 50 млн. вже мають клінічні прояви (ендемічний зоб, кретинізм) [28]. В Україні також простежується чітка тенденція до збільшення кількості пацієнтів з різноманітною патологією щитоподібної залози, що свідчить про поширеність йододефіциту. Нестача йоду в раціоні має серйозні наслідки для здоров'я, зокрема: збільшення кількості мертвонароджених немовлят, підвищений ризик безпліддя, порушення розвитку дітей (розумова відсталість, косоокість новонароджених, глухота, затримка фізичного, статевого, інтелектуального розвитку). До регіонів з максимальним ризиком розвитку йододефіцитних захворювань в Україні традиційно відносять Львівську, Чернівецьку, Івано-Франківську, Закарпатську, Тернопільську, Рівненську та Волинську області. Історично ці області характеризуються значним дефіцитом йоду в природному середовищі. Однак, що проблема йододефіциту є актуальною для всієї території України, хоча і з різним ступенем прояву [25] Щоденна фізіологічна потреба в йоді варіюється залежно від віку, статі та фізіологічного стану людини: діти до 6 років – 90 мкг/добу; до 12 років – 120 мкг/добу; дорослі 250 мкг/добу. Нажаль, більшість населення України споживає лише 40–80 мкг/добу, що значно нижче за фізіологічну потребу [28].

Найбільш ефективним і економічно доцільним методом боротьби та профілактики йододефіцитних захворювань є універсальне використання йодованої солі. Це підтверджено світовим досвідом як надійний спосіб забезпечення достатнього надходження йоду в організм населення через щоденне вживання основного харчового продукту. З 1997 року в Україні для збагачення солі використовується KIO_3. Ця сполука

є значно стійкішою до окислення та випаровування порівняно з йодидом калію (KI), який застосовувався раніше. Калій йодат забезпечує високу стабільність йодованої солі, дозволяючи її зберігання понад рік без істотної втрати йоду. При цьому органолептичні властивості солі та приготовлених страв залишаються незмінними. Ці технологічні вдосконалення є ключовими для забезпечення ефективності національних програм з профілактики йододефіциту в Україні.

Для оцінки ефективності заходів профілактики йододефіциту та контролю якості продукції, наступним етапом дослідження стало визначення масової частки йоду у зразках йодованої солі [2]. Відповідно до чинного національного стандарту масова частка йоду в йодованій солі має становити 40±15 мг/кг (тобто, перебувати у діапазоні від 25 до 55 мг/кг), що відповідає міжнародним рекомендаціям щодо універсального йодування солі. Результати експериментальних досліджень, представлені на рис. 1, дозволили провести порівняльний аналіз фактичного вмісту йоду із заявленими виробником даними та вимогами ДСТУ.

Аналіз п'яти досліджуваних зразків йодованої солі виявив значну варіативність у дотриманні нормативних стандартів та повноті маркування. Зокрема, 60,0% зразків відповідали вимогам щодо вмісту йоду в межах стандартного діапазону (25–55 мг/кг). Водночас, у 40,0% зразків рівень йоду виявився за межами цього діапазону, демонструючи значне зниження концентрації – від 6,34±0,95 мг/кг до 20,08±1,06 мг/кг.

У зразку №7 фактичний вміст йоду становив 28,53±1,17 мг/кг. Показник відповідає встановленим вимогам чинного ДСТУ, що відображає відповідність продукції нормативним стандартам та сумлінне виконання виробником своїх зобов'язань. У зразках №8 та №10 виробник декларував вміст йоду на рівні 30 мг/кг. Фактичні значення, отримані в ході експерименту, становили 34,18±0,61 та 34,53±1,61 мг/кг відповідно. Порівняльний аналіз показав, що ціна продукту не завжди відображає його якість щодо вмісту йоду. Зокрема, було встановлено, що Зразок №10 (Туреччина, з високою вартістю 162,80 грн/кг), та інший імпортований зразок (Італія, 55,99 грн/кг), мають приблизно однаковий фактичний вміст йоду. Це ставить під сумнів доцільність значної переплати за бренд або походження, якщо кінцевий показник якості (вміст йоду) є аналогічним.

Маркування зразка №9 не відповідає встановленим вимогам, оскільки виробник не надав інформації щодо типу йодовмісної добавки та її кількісного вмісту. Це створює ризики для інформованості споживачів та перешкоджає оцінці відповідності продукту. Більше того, в цьому ж зразку було виявлено критично низький вміст йоду – лише 6,34±0,95 мг/кг, що є абсолютно неефективним для реалізації йодної профілактики.

Висновки. Встановлено, що більшість комерційних зразків харчової солі за основними фізико-хімічними показниками відповідають вимогам ДСТУ 3583:2015. Виявлене відхилення за вмістом вологи у зразку №4 (0,89%) свідчить про порушення умов зберігання, що призводить до втрати споживчих властивостей (сипучості).

Виявлено значну варіативність вмісту нерозчинних залишків (0,06–0,71%) та загальної лужності (1,57–2,47 г/дм³), що безпосередньо залежить від походження солі та ступеня її технологічного очищення. Найвищу чистоту продемонструвала виварна та морська сіль (Італія), тоді як гімалайська сіль відзначилася найвищим вмістом мінеральних домішок.

Доведено критичну нестабільність вмісту йоду в реалізованій продукції: 40% досліджених йодованих зразків не відповідають нормативним вимогам (6,34–20,08 мг/кг при нормі 40±15 мг/кг). Це вказує на ризик неефективності використання такої солі для профілактики йододефіциту серед населення.

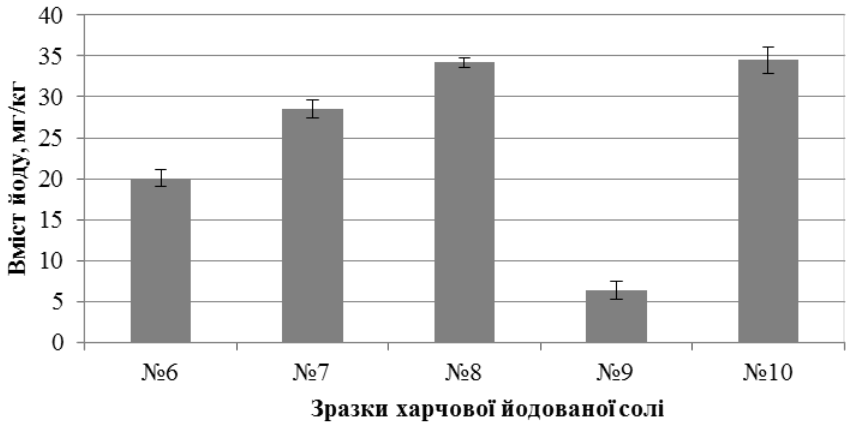


Рисунок 1 – Вміст йоду в досліджуваних зразках йодованої солі

Джерело: сформовано авторами

ISSN 2708-4949 (print), ISSN 2709-9776 (online)

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 3583:2015 Сіль кухонна. Загальні технічні умови [Чинний від 2015-28-09]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2019, 16 с.

2. ДСТУ 4307:2004 Сіль йодована. Технічні умови [Чинний від 2004-05-28]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 14 с.

3. ДСТУ 4886.21:2007 Розсіл хлориду натрію. Визначення загальної лужності [Чинний від 2007-12-04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009, 5 с.

4. ДСТУ 4886.24:2007 Розсіл хлориду натрію. Визначення pH [Чинний від 2007-12-04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009, 7 с.

5. ДСТУ 4886.3:2007 Сіль кухонна. Визначення вологи [Чинний від 2007-12-04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 6 с.

6. ДСТУ 4886.4:2007 Сіль кухонна. Визначення вмісту нерозчинного у воді залишку [Чинний від 2007-12-04]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009, 6 с.

7. Петруша, Ю., Загородня, Ю. (2019). Фізико-хімічні показники якості харчової йодованої солі. *Молодий вчений.* № 10 (74). С. 352–355. DOI: https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-10-74-77

8. A systematic review of the sources of dietary salt around the world / S. Bhat et al. *Advances in nutrition*. 2020. № 11 (3). P. 677–686. DOI: https://doi.org/10.1093/advances/nmz134

9. Bacterial Diversity at Himalayan Pink Salt Extraction Site / Y. Malik et al. *Biology.* 2025. № 14 (3). 316. DOI: https://doi.org/10.3390/biology14030316

10. Balneotherapy for osteoarthritis: a systematic review / C. Protano et al. *Rheumatology international.* 2023. № 43 (9), P. 1597–1610. DOI: https://doi.org/10.1007/s00296-023-05358-7

11. Benefits of crenotherapy in digestive tract pathology / M. Dumitrescu, et al. *Experimental and Therapeutic Medicine.* 2022. № 23 (2), P. 1–5. DOI: https://doi.org/10.3892/etm.2021.11045

12. Bernal, A., Zafra, M.A., Simón, M.J., Mahía, J. Sodium homeostasis, a balance necessary for life. *Nutrients*, 2023. № 15 (2), 395. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15020395

13. Biber, F.Z., Unak, P., Yurt, F. Stability of iodine content in iodized salt. *Isotopes Environ Health Stud*. 2002. № 38 (2). P. 87–93. DOI: https://doi.org/10.1080/10256010208033316

14. Characteristics and purification of Himalayan salt by high temperature melting / Z. Deng et al. High Temperature Materials and Processes. 2023. № 42 (1). 20220274. DOI: https://doi.org/10.1515/htmp-2022-0274

15. Chervinskaya, A.V., Zilber, N.A. (1995). Halotherapy for treatment of respiratory diseases. *J Aerosol Med.*, № 8 (3), pp. 221–232. DOI: https://doi.org/10.1089/jam.1995.8.221

16. Codină, G.G., Voinea, A., Dabija, A. Strategies for Reducing Sodium Intake in Bakery Products, a Review. *Appl. Sci*., 2021. № 11, 3093. DOI: https://doi.org/10.3390/app11073093

17. Doh, H., Lee, M.H., Park, H.J. Investigation of the moisture-induced caking behavior with various dietary salts. *Journal of Food Engineering*, 2019. № 241, PP. 67–74.

18. Effect of Salt Reduction on Consumer Acceptance and Sensory Quality of Food / U. Hoppu et al. *Foods*. 2017. № 6 (12). 103. DOI: https://doi.org/10.3390/foods6120103

19. Elias, M., Laranjo, M., Agulheiro-Santos, A.C., Potes, M.E. The role of salt on food and human health. *Salt in the Earth*, 2020. № 19, pp. 1–19. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.86905

20. Emelike, N.J.T., Achinewhu, S.C., Ebere, C.O. Effect of storage on the iodine content of some table salts sold at a local and a super market in Port Harcourt, Nigeria. *Sky Journal of Food Science*, 2017. № 6 (1), pp. 1–6.

21. Gourmet table salts: The mineral composition showdown / E. Di Salvo et al. *Toxics.* 2023. № 11 (8), 705. DOI: https://doi.org/10.3390/toxics11080705

22. Hassan, A.U., Din, A.M.U., Ali, S. (2017). Chemical characterisation of Himalayan rock salt. *Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences*, № 60 (2), pp. 67–71.

23. Household salt iodine content estimation with the use of rapid test kits and iodometric titration methods / A. K. Nepal et al. *Journal of clinical and diagnostic research.* 2013. № 7 (5). P. 892–895. DOI: https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/5477.2969

24. Kamińska, M.; Krusiec-Świdergoł, B. Wykorzystanie terapeutycznych właściwości soli w profilaktyce i leczeniu chorób układu oddechowego. *Państwo I Społeczeństwo*, 2023. № 23, pp. 135–149. DOI: https://doi.org/10.48269/2451-0858-pis-2023-1-010

25. Kamyshna I., Pavlovych L., Maslyanko V., Chornenka Z. Epidemiological assessment of dymamics of the prevalence and incidence of the thyroid gland diseases in Ukraine and Chernivtsi region. *Clinical and experimental hathology*, 2021. № 20 (3), С. 75–81. DOI: https://doi.org/10.24061/1727-4338.XX.3.77.2021.11

26. Kołodziejski, J.. Charakterystyka rynku soli w Polsce na przykładzie Kopalni Soli “Kłodawa” SA. Min.–Inform. Autom. *Electr. Eng*., № 549, 2022. pp. 1–16. DOI: https://doi.org/10.3390/ma17143564

27. Laikoja, K., Teder, L., Jõudu, I. Assessment of chemical and sensory quality of unsalted and salted sweet cream butter during storage at different temperatures and time. *J. Agric. Sci.*, 2017. № 2, pp. 76–81. DOI: https://doi.org/10.15159/jas.17.09

28. Mamenko, M.E. Iodine deficiency in the world and in Ukraine: current state of the problem. *Modern Pediatrics. Ukraine*, 2020. № 7 (111), pp. 40–46. DOI: https://doi.org/15574/SP.2020.111.40

29. Mohamed, E.T., Mahmood, F.N., Merie, G.M.S., Saadi, A.M. The Medical Importance of Sodium and Potassium. I*nternational Journal of Pharma Growth Research Review*, 2025. № 2 (2), pp. 01–10. DOI: https://doi.org/10.54660/IJPGRR.2025.2.2.01-10

30. Origin Identification of Table Salt Using Flame Atomic Absorption and Portable Near-Infrared Spectrometries / L.R. Zanela Lima et al., *Chemosensors.* 2025. № 13 (7). 231. DOI: https://doi.org/10.3390/chemosensors13070231

31. Polishchuk, V., Tsekhmistrenko, S., Polishchuk, S., Rol, N. (2026). Salt literacy among youth: the gap between theoretical knowledge and dietary habits. Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4 th International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. January 21–23, 2026. Zagreb, Croatia, pp. 103–105. DOI: https://doi.org/10.70286/ISU-21.01.2026

32. Sodium intake, health implications, and the role of population-level strategies / G.S. Aljuraiban et al. *Nutr. Rev*. 2021. № 79. P. 351–359. DOI: https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa042

References:

1. DSTU 3583:2015 Sil' kuhonna. Zagal'ni tehnichni umovy. [Chynnyj vid 2015-28-09] [DSTU 3583:2015 Table salt. General technical conditions. [Valid from 2015-28-09]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2019, 16 p. (In Ukrainian)

2. DSTU 4307:2004 Sil' jodovana. Tehnichni umovy [Chynnyj vid 2004-05-28][DSTU 4307:2004 Iodized salt. Technical conditions. [Valid from 2004-05-28]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2005, 14 p. (In Ukrainian)

3. DSTU 4886.21:2007 Rozsil hlorydu natriju. Vyznachennja zagal'noi' luzhnosti [Chynnyj vid 2007-12-04] [DSTU 4886.21:2007 Sodium chloride brine. Determination of total alkalinity. [Valid from 2007-12-04]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2009, 5 p. (In Ukrainian)

4. DSTU 4886.24:2007 Rozsil hlorydu natriju. Vyznachennja pH [Chynnyj vid 2007-12-04] [DSTU 4886.24:2007 Sodium chloride brine. Determination of pH. [Valid from 2007-12-04]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2009, 7 p. (In Ukrainian)

5. DSTU 4886.3:2007 Sil' kuhonna. Vyznachennja vology [Chynnyj vid 2007-12-04] [DSTU 4886.3:2007 Table salt. Determination of moisture content. [Valid from 2007-12-04]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2009, 6 p. (In Ukrainian)

6. DSTU 4886.4:2007 Sil' kuhonna. Vyznachennja vmistu nerozchynnogo u vodi zalyshku [Chynnyj vid 2007-12-04] [DSTU 4886.3:2007 Table salt. Determination of moisture content. [Valid from 2007-12-04]. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2009, 6 p. (In Ukrainian)

7. Petrusha, Yu., Zahorodnia, Yu. (2019). Fizyko-khimichni pokaznyky yakosti kharchovoi yodovanoi soli [Physico-chemical indicators of quality edible iodized salt] *Molodyi vchenyi – Young Scientist*. No. 10 (74). pp. 352–355. DOI: https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-10-74-77 (In Ukrainian).

8. Bhat S. et al. (2020) A systematic review of the sources of dietary salt around the world. *Advances in nutrition*. No. 11 (3). P. 677–686. DOI: https://doi.org/10.1093/advances/nmz134

9. Malik Y. et al. (2025) Bacterial Diversity at Himalayan Pink Salt Extraction Site. *Biology*. no. 14 (3). 316. DOI: https://doi.org/10.3390/biology14030316

10. Protano C. et al. (2023) Balneotherapy for osteoarthritis: a systematic review. *Rheumatology international*. no. 43 (9), pp. 1597–1610. DOI: https://doi.org/10.1007/s00296-023-05358-7

11. Dumitrescu M., et al. (2022) Benefits of crenotherapy in digestive tract pathology. *Experimental and Therapeutic Medicine*. No. 23 (2), P. 1–5. DOI: https://doi.org/10.3892/etm.2021.11045

12. Bernal, A., Zafra, M.A., Simón, M.J., Mahía, J. 2023. Sodium homeostasis, a balance necessary for life. *Nutrients*, no. 15 (2), 395. DOI: https://doi.org/10.3390/nu15020395

13. Biber, F.Z., Unak, P., Yurt, F. (2002) Stability of iodine content in iodized salt. *Isotopes Environ Health Stud*. No. 38 (2). P. 87–93. DOI: https://doi.org/10.1080/10256010208033316

14. Deng Z. et al. (2023) Characteristics and purification of Himalayan salt by high temperature melting. *High Temperature Materials and Processes*. no. 42 (1). 20220274. DOI: https://doi.org/10.1515/htmp-2022-0274

15. Chervinskaya, A.V., Zilber, N.A. (1995). Halotherapy for treatment of respiratory diseases. *J Aerosol Med.,* no. 8 (3), pp. 221–232. DOI: https://doi.org/10.1089/jam.1995.8.221

16. Codină, G.G., Voinea, A., Dabija, A. (2021). Strategies for Reducing Sodium Intake in Bakery Products, a Review. *Appl. Sci*., no. 11, 3093. DOI: https://doi.org/10.3390/app11073093

17. Doh, H., Lee, M.H., Park, H.J. (2019) Investigation of the moisture-induced caking behavior with various dietary salts. *Journal of Food Engineering*, no. 241, pp. 67–74.

18. Hoppu U. et al. (2017) Effect of Salt Reduction on Consumer Acceptance and Sensory Quality of Food. *Foods*. no. 6 (12). 103. DOI: https://doi.org/10.3390/foods6120103

19. Elias, M., Laranjo, M., Agulheiro-Santos, A.C., Potes, M.E. (2020). The role of salt on food and human health. *Salt in the Earth*, no. 19, pp. 1–19. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.86905

20. Emelike, N.J.T., Achinewhu, S.C., Ebere, C.O. (2017). Effect of storage on the iodine content of some table salts sold at a local and a super market in Port Harcourt, Nigeria. *Sky Journal of Food Science*, no. 6 (1), pp. 1–6.

21. E. Di Salvo et al. (2023) Gourmet table salts: The mineral composition showdown. *Toxics*. no. 11 (8), 705. DOI: https://doi.org/10.3390/toxics11080705

22. Hassan, A.U., Din, A.M.U., Ali, S. (2017). Chemical characterisation of Himalayan rock salt. *Pakistan Journal of Scientific & Industrial Research Series A: Physical Sciences*, no. 60 (2), pp. 67–71.

23. Nepal A. K. et al. (2013) Household salt iodine content estimation with the use of rapid test kits and iodometric titration methods. *Journal of clinical and diagnostic research*. no. 7 (5). p. 892–895. DOI: https://doi.org/10.7860/JCDR/2013/5477.2969

24. Kamińska, M.; Krusiec-Świdergoł, B. (2023). Wykorzystanie terapeutycznych właściwości soli w profilaktyce i leczeniu chorób układu oddechowego. *Państwo I Społeczeństwo*, no. 23, pp. 135–149. DOI: https://doi.org/10.48269/2451-0858-pis-2023-1-010

25. Kamyshna I., Pavlovych L., Maslyanko V., Chornenka Z. (2021). Epidemiological assessment of dymamics of the prevalence and incidence of the thyroid gland diseases in Ukraine and Chernivtsi region. *Clinical and experimental hathology,* no. 20 (3), pp. 75–81. DOI: https://doi.org/10.24061/1727-4338.XX.3.77.2021.11.

26. Kołodziejski, J. (2022). Charakterystyka rynku soli w Polsce na przykładzie Kopalni Soli „Kłodawa" SA. Min. *Inform. Autom. Electr. Eng*., no. 549, pp. 1–16. DOI: https://doi.org/10.3390/ma17143564

27. Laikoja, K., Teder, L., Jõudu, I. (2017). Assessment of chemical and sensory quality of unsalted and salted sweet cream butter during storage at different temperatures and time. *J. Agric. Sci.,* no. 2, pp. 76–81. DOI: https://doi.org/10.15159/jas.17.09

28. Mamenko, M.E. (2020). Iodine deficiency in the world and in Ukraine: current state of the problem. *Modern Pediatrics. Ukraine*, no. 7 (111), pp. 40–46. DOI: https://doi.org/15574/SP.2020.111.40

29. Mohamed, E.T., Mahmood, F.N., Merie, G.M.S., Saadi, A.M. (2025). The Medical Importance of Sodium and Potassium. *International Journal of Pharma Growth Research Review*, no. 2 (2), pp. 01–10. DOI: https://doi.org/10.54660/IJPGRR.2025.2.2.01-10

30. L.R. Zanela Lima et al. (2025) Origin Identification of Table Salt Using Flame Atomic Absorption and Portable Near-Infrared Spectrometries. *Chemosensors*. no. 13 (7). 231. DOI: https://doi.org/10.3390/chemosensors13070231

31. Polishchuk, V., Tsekhmistrenko, S., Polishchuk, S., Rol, N. (2026). Salt literacy among youth: the gap between theoretical knowledge and dietary habits. Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 4 th International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. January 21–23, 2026. Zagreb, Croatia, pp. 103–105. DOI: https://doi.org/10.70286/ISU-21.01.2026

32. Aljuraiban G.S. et al. (2021) Sodium intake, health implications, and the role of population-level strategies. *Nutr. Rev*. no. 79. p. 351–359. DOI: https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa042

Vitalii Polishchuk, Svitlana Tsekhmistrenko, Svitlana Polishchuk, Serhii Cherniuk, Nataliia Rol
Bila Tserkva National Agrarian University

COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FOOD-GRADE SALT FROM DIFFERENT REGIONS OF THE WORLD

Food-grade salt is not only an essential dietary component for maintaining bodily homeostasis but also an important raw material for pharmaceutical and industrial applications. Despite its biological necessity, excessive sodium chloride consumption poses health risks, highlighting the need for systematic assessment of the quality and functional composition of salt available on the national market. This study aimed to conduct a comparative analysis of the physicochemical parameters of commercial food-grade salt samples of various geographical origins (Italy, Turkey, Egypt, Romania, and Pakistan) and extraction methods to objectively evaluate their consumer quality. The study examined samples of rock, sea, vacuum-evaporated, and Himalayan salt. The following parameters were measured: pH (active acidity), total alkalinity, mass fraction of moisture, water-insoluble residue, and iodine content using potentiometric, gravimetric, and iodometric methods. Statistical data processing was performed using Statistica 10 software. Most samples complied with the requirements of DSTU 3583:2015. Moisture content ranged from 0.08% (vacuum-evaporated salt) to 1.20% (sea salt); however, a rock salt sample from Egypt exceeded the applicable standard limit (0.89%), resulting in a loss of flowability. The water-insoluble residue was highest in Himalayan pink salt (0.71%), a natural characteristic of its mineral composition, while sea salt from Italy demonstrated the highest degree of purification (0.06%). Solution pH values fluctuated between 6.70 and 7.63. Significant variability in total alkalinity was observed (1.57–2.47 g/dm³). Analysis of iodized salt proved critical: only 60% of the samples met the regulatory range (25–55 mg/kg). In 40% of the iodized samples, the iodine content was found to be critically low (6.34–20.08 mg/kg). Samples No. 8 and No. 10 demonstrated the highest compliance, with actual iodine levels fully matching label claims. The findings suggest that the high cost of imported samples does not always guarantee superior iodization compared to more affordable counterparts. The results emphasize the necessity for strict control over salt storage conditions to prevent moisture absorption and highlight the importance of monitoring actual iodine levels, which remain insufficient in several commercial samples to meet the physiological requirements of the population.

Keywords: *food-grade salt, iodized salt, sodium chloride, DSTU, physicochemical parameters, quality control.*

Дата надходження статті: 03.04.2026
Дата прийняття статті: 24.04.2026
Дата публікації статті: 29.05.2026